

Le programme de l'agrégation spéciale sciences de la vie-sciences de la Terre et de l'univers (SV - STU) précise le socle des connaissances sur lesquelles les épreuves du concours sont élaborées. Cependant, il convient de bien rappeler que les connaissances ne sont pas une fin en soi et que les éléments du programme sont avant tout à considérer comme des outils à la disposition des candidats pour faire la démonstration de leurs compétences de scientifiques et de futurs enseignants.

Le haut niveau scientifique de l'agrégation nécessitera donc du candidat qu'il fasse la démonstration de sa maîtrise des différents éléments de la démarche scientifique tout au long des épreuves du concours. Si les épreuves d'admissibilité se concentreront avant tout sur la capacité du candidat à organiser ses idées autour d'une problématique justifiée et construite selon une stratégie rigoureuse et raisonnée, les épreuves d'admission vérifieront ses compétences scientifiques et pédagogiques exprimées en temps réel dans des exposés oraux pendant lesquelles des compétences pratiques sont souhaitées.

Tout au long des épreuves du concours, le jury aura le souci de faire travailler les candidats sur des documents scientifiques originaux qui peuvent donc être rédigés en langue anglaise.

Les multiples facettes des SV-STU ne peuvent pas toutes être connues d'un candidat docteur. Le programme limite donc le champ d'interrogation possible en définissant des contenus annuels des programmes.

Le programme de l'agrégation spéciale est le même que celui du concours général, dans la mesure où les connaissances requises sont identiques. Toutefois, les modalités d'examen ont été adaptées afin de mettre en valeur les compétences acquises lors de la réalisation du doctorat des candidats et d'évaluer les compétences scientifiques et de futurs enseignants. Pour l'épreuve d'admissibilité le candidat composera dans les deux domaines du concours l'un à dominante sciences de la vie, l'autre à dominante sciences de la Terre. Pour les épreuves d'admission, le candidat préparera une leçon hors de son domaine de spécialité et mettra en perspective didactique un dossier scientifique portant sur son domaine de spécialité. Pour les modalités de procédure de l'examen, les candidats sont invités à consulter l'arrêté du **22 Mai 2018 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation.**

(<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037172003&dateTexte=&categorieLien=id>).

Le programme de l'agrégation des sciences de la vie-sciences de la Terre et de l'univers est rédigé en considérant les deux secteurs du champ disciplinaire qui constituent les 2 options du concours :

- Secteur des sciences de la vie (SV) : biologie et physiologie cellulaires, biologie moléculaire ; leur intégration au niveau des organismes ; biologie et physiologie des organismes et biologie des populations, en rapport avec le milieu de vie ;
- secteur des sciences de la Terre et de l'univers, interactions entre la biosphère et la planète Terre.

Programme de connaissances générales Sciences de la vie

Outre la présentation des connaissances à posséder pour le concours, le programme général de SV doit être consulté en ayant présent à l'esprit trois impératifs :

- l'observation des objets et des phénomènes, héritée de l'histoire naturelle et/ou des sciences naturelles, est une obligation ;
- la démarche expérimentale, étape intégrante de la démarche scientifique, est indispensable à la compréhension puis à l'explication des phénomènes et doit être présente à tous les niveaux d'étude ;
- la conceptualisation à partir des données précédentes qui s'applique à l'ensemble de la discipline, se doit d'être d'actualité tout en connaissant les limites éventuelles dans certains domaines et, dans quelques cas, des éléments d'histoire des sciences et d'épistémologie.

Il s'agit d'une discipline expérimentale. À cet égard, l'utilisation de systèmes-modèles, simplifiés, est requise. Cette démarche implique la connaissance des particularités du modèle en relation avec la question posée mais, dans la majorité des cas, il est exclu de connaître l'ensemble de la biologie de l'organisme et/ou de l'organe retenu même si les limites éventuelles à la généralisation des connaissances sont à retenir. Dans cette démarche expérimentale, des méthodes et/ou des techniques de base et utilisables dans les établissements d'enseignement sont à posséder parfaitement. Pour d'autres approches plus modernes et/ou difficiles à mettre en œuvre dans les établissements, les principes généraux techniques et/ou méthodologiques doivent être connus pour pouvoir utiliser au mieux des documents disponibles. Les connaissances élémentaires de physique, chimie et mathématiques représentent également un pré-requis pour les candidats.

Le programme de connaissances générales comporte sept rubriques :

- 1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant
- 2 - L'organisme, une société de cellules
- 3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie
- 4 - L'organisme dans son environnement
- 5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution
- 6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies
- 7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine

La répartition entre les secteurs A et B est la suivante :

- secteur A : rubriques 1, 2, 6, 7
- secteur B : rubriques 3, 4, 5, 7.

On ne s'étonnera donc pas de trouver des répétitions de thèmes et/ou d'exemples. Dans ce dernier cas, le choix du même exemple placé à plusieurs endroits du programme permet de l'alléger.

1 - La cellule, unité structurale et fonctionnelle du vivant

Méthodes et/ou techniques à connaître au moins sur le principe : microscopies, spectrophotométrie, immunochimie, immunofluorescence, électrophorèse, hybridation moléculaire, immunoempreinte, ELISA, cytométrie en flux, séquençage, cristallographie, patch-clamp, radioisotopes, autoradiographie...

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 Éléments de biochimie	
1.1.1 Constitution de la matière <ul style="list-style-type: none"> - Atomes, molécules. - Liaisons et interactions. - Propriétés de l'eau et de groupes fonctionnels. - Polarité des molécules. - Monomères, Polymères ; Macromolécules. 	Isotopes. Radioactivité. Molécules marquées. Covalente, ionique, hydrogène, van der Waals. Énergie. Acide, base, alcool, amine ; pH, pK, tampon ; Équation de Henderson-Hasselbach.
1.1.2 Principales molécules biologiques <ul style="list-style-type: none"> - Glucides. - Lipides. - Acides aminés et protéines, nucléotides et acides nucléiques. - Composés hémiques ; pigments. - Interactions intra et inter-moléculaires. 	Glucose, saccharose, amidon, glycogène. Acides gras, glycérolipides, noyau stérol. Chlorophylles, hémoglobines, cytochromes.
1.2 Organisation fonctionnelle de la cellule	
1.2.1 La théorie cellulaire	Rappels généraux.
1.2.2 Les membranes cellulaires <ul style="list-style-type: none"> - Organisation et dynamique des membranes. - Échanges transmembranaires - Lois physico-chimiques. - Jonctions cellulaires. 	Composition, structure, fluidité, trafic vésiculaire Échanges selon le(s) gradient(s) et contre le(s) gradient(s). Protéines membranaires (principe de fonctionnement. Le détail des structures et de la diversité n'est pas au programme général) : canaux ioniques, transporteurs (exemples du glucose - SGLT, Glut - et de l'eau - aquaporines), pompes ($\text{Na}^+\text{-K}^+$ /ATP dépendantes), translocation de protons.
1.2.3 Organisation cellulaire eucaryote et procaryote <ul style="list-style-type: none"> - Compartimentation cellulaire. - Noyau, réticulum endoplasmique, Golgi, vacuole, lysosome, mitochondrie, chloroplaste. - La théorie endosymbiotique. 	La dynamique structurale et fonctionnelle des organites sera soulignée.
1.2.4 Le cytosquelette <ul style="list-style-type: none"> - Éléments constitutifs. - Trafic intracellulaire. - Motilité. 	Transport axonal. Cyclose. Contraction de la fibre musculaire squelettique. Flagelle des Eucaryotes.
1.2.5 La cellule et son environnement <ul style="list-style-type: none"> - Récepteurs membranaires. - Signalisation cellulaire. - Communication directe entre cellules - Microenvironnement cellulaire : les matrices extracellulaires. 	La transduction des signaux au niveau génique est abordée dans la rubrique 1.4.3. Plasmodesmes, jonctions communicantes, pili bactériens. dont interactions membrane plasmique-matrices extra-cellulaires (procaryotes et eucaryotes).

1.3 Métabolismes cellulaires	
<p>1.3.1 Thermodynamique élémentaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'énergie et ses formes. Énergie interne. Variation d'énergie libre. - Cinétique des réactions. Loi d'action de masse. - Oxydoréductions. 	<p>Prise en considération de la différence entre les conditions standards et les conditions <i>in vivo</i>.</p>
<p>1.3.2 Bioénergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valeurs énergétiques des substrats. - Coenzymes d'oxydo-réduction. - Couplages énergétiques. 	<p>Glucides, lipides et protéines.</p> <p>dont ceux exploitant les propriétés de l'ATP. Chaîne respiratoire et oxydation phosphorylante. Chaîne photosynthétique et photophosphorylation acyclique (limitée aux Angiospermes)</p>
<p>1.3.3 Enzymes et catalyse enzymatique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enzymes, coenzymes, cofacteurs. - Vitesse de réaction, relations vitesse-substrat, affinité, vitesse maximale, spécificité. - Contrôle de l'activité enzymatique. 	<p>La classification des enzymes n'est pas au programme.</p> <p>Cinétique de Michaelis-Menten, cinétique allostérique, représentations graphiques.</p>
<p>1.3.4 Voies métaboliques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les grands types de réactions. - Diversité des voies métaboliques eucaryotes et procaryotes : sources de carbone, d'hydrogène et d'énergie. - Voies principales : composés initiaux et terminaux, bilans, principales étapes. - Contrôles des voies métaboliques. - Intégration des voies métaboliques à l'échelle cellulaire. 	<p>Transfert de groupement, oxydo-réduction, condensation....</p> <p>Cycle de réduction photosynthétique du carbone (cycle de Calvin) et synthèse de l'amidon, glycogénogenèse, glycogénolyse, gluconéogenèse, glycolyse, cycle des acides tricarboxyliques (cycle de Krebs), β-oxydation, fermentation alcoolique et fermentation lactique.</p> <p>A l'aide des exemples de la glycogénolyse et de la glycolyse.</p> <p>L'intégration à l'échelle de l'organisme sera aussi soulignée.</p>
1.4 Information génétique de la cellule	
<p>1.4.1 Le support de l'information génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les acides nucléiques, supports de l'information génétique. - L'ADN dans la cellule. - Le gène, unité d'information génétique. Évolution de la notion de gène. 	<p>Diversité des structures et de leur localisation. (chromosomes, plasmides, ADN des organites). Structure des chromosomes, centromères, télomères, chromatine, caryotypes.</p>

- Organisation générale du génome chez les Procaryotes et les Eucaryotes.	ADN codant et non codant. Cluster de gènes, synténie.
<p>1.4.2 Stabilité et variabilité de l'information génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réplication de l'ADN. - Mitose et Méiose. - Recombinaisons de l'ADN. - Réparations. - Mutations. - Les éléments génétiques mobiles et leurs conséquences. - Transformation, conjugaison et transductions chez les bactéries. 	<p>Recombinaisons germinales et somatiques.</p> <p>Mutations géniques et chromosomiques.</p> <p>Transferts horizontaux.</p> <p>Résistance aux antibiotiques, Bactéries multirésistantes.</p>
<p>1.4.3 Contrôle transcriptionnel et traductionnel de l'expression du génome</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle épigénétique. - Transcription et facteurs de transcription. - Maturation des ARN. - Contrôle post-transcriptionnel. - Traduction et maturation des protéines. - Modifications post-traductionnelles. 	<p>Méthylation de l'ADN, modification des histones. Exemple du contrôle hormonal de l'expression du génome par la triiodothyronine.</p> <p>Exemple d'ARN non codants, mi- ou siRNA.</p> <p>Exemple d'une hormone ou d'une enzyme. Exemples : phosphorylation, ubiquitination...</p>
1.4.4 Cartes génétiques, -omics	
1.5 Vie et mort de la cellule	
<p>1.5.1 Le cycle cellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Différentes étapes du cycle. - Le contrôle du cycle cellulaire. - Les dérèglements du cycle cellulaire. - La croissance et les divisions cellulaires chez les procaryotes. 	Exemple de la transformation tumorale.
<p>1.5.2 La mort cellulaire</p> <p>Modalités et déterminisme.</p>	Exemples : apoptose et nécrose programmée. Autophagie.
<p>1.5.3 La différenciation cellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diversité des types cellulaires. - Potence (Toti-, pluri-, multi- et uni-), détermination et différenciation cellulaires, dédifférenciation et redifférenciation. - Les cellules souches. 	<p>Cellule du parenchyme palissadique foliaire, cellule du xylème, spermatozoïde, cellules musculaires squelettique et cardiaque et autres cellules citées dans le programme général.</p> <p>Notion de cellule souche embryonnaire et cellule pluripotente induite (iPS).</p>

1.6 Systèmes biologiques subcellulaires	
- Les virus : structure, génome, cycle réplicatif et transmission.	Exemples : un bactériophage, virus de la mosaïque du tabac, virus de l'immunodéficience acquise humaine, virus de la grippe.

2 - L'organisme, une société de cellules

Notions-Contenus	Précisions-Limites
2.1 La notion d'organisme	
<ul style="list-style-type: none"> - Principes d'organisation : les colonies de cellules procaryotes (biofilms) et eucaryotes, l'état cœnocytique, l'état pluricellulaire (tissus, organes, appareils ; notion d'individu). - Liquides extracellulaires des Métazoaires : nature, localisation, mise en mouvement, fonctions. - Lignées germinale et somatique. 	<p>Voir aussi 3.3.</p> <p>Liquides interstitiel et cœlomique, hémolymphe, sang et lymphes. Exemple de mise en mouvement : le système circulatoire des Mammifères (voir aussi 7.2.3).</p>
2.2 L'origine de l'œuf	
<p>2.2.1 Gamétogenèse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspects chromosomiques (voir aussi 1.4.2). - Aspects cytologiques (enveloppes et réserves). 	<p>Exemples : vertébrés (amphibiens, mammifères), angiospermes.</p> <p>Exemples : amphibiens, insectes, angiospermes, oursins, mammifères (voir aussi 7.4).</p>
2.2.2 Rapprochement des gamètes, mécanismes cellulaires et moléculaires de la fécondation	
<p>2.2.3 Transmission et expression des gènes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cas des haploïdes. - Cas des diploïdes : allélisme, dominance et récessivité, épistasie. - Réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype. 	<p>Transmission d'un couple d'allèles, transmission de plusieurs couples d'allèles.</p> <p>Levures, drosophile, vertébrés dont espèce humaine (voir aussi 7.4).</p>
2.3 La construction des organismes : biologie du développement	
2.3.1 Les grandes étapes du développement embryonnaire.	Drosophile, xénope, souris, <i>Arabidopsis</i> .
<p>2.3.2 Les plans d'organisation :</p> <p>Acquisition des symétries et des polarités au cours du développement</p> <p>Rôle des gènes du développement.</p>	<p>Drosophile, xénope, souris, <i>Arabidopsis</i>.</p> <p>Inductions embryonnaires, gradients morphogénétiques, déterminants, gènes sélecteurs (ou gènes maîtres), gènes homéotiques.</p> <p>Exemple du membre chiridien (voir aussi 3.3).</p>

2.3.3 La croissance	Croissance discontinue : exemples pris chez les Insectes. Croissance des vertébrés : l'os long (voir aussi 7.2.1). Croissance des angiospermes : méristèmes. Rôle de l'auxine.
2.3.4 Renouvellement cellulaire et tissulaire	Exemples : remodelage osseux, érythrocytes dans l'espèce humaine (voir aussi 7.1), zone génératrice libéro-ligneuse. Cellules souches et leurs niches (voir aussi 1.5.3).
2.3.5 Mort cellulaire au cours du développement	Au cours du développement embryonnaire et des métamorphoses (insectes, amphibiens). Sénescence chez les angiospermes (exemple de la feuille). Voir aussi 1.5.2.
2.3.6 Les métamorphoses animales et leur contrôle endocrinien	Insectes holométaboles ; amphibiens anoures.
2.4 Les communications entre cellules au sein de l'organisme	
2.4.1 Communications au sein du système nerveux Neurone et message nerveux ; synapses chimique / électrique.	Potentiels d'action, potentiels électrotoniques. Jonction neuro-musculaire ; couplage excitation – contraction.
2.4.2 Communications hormonales	Exemples : hormones thyroïdiennes, adrénaline, insuline, ecdystéroïdes, éthylène.
2.4.3 Communications au sein du système immunitaire	Cytokines, présentation de l'antigène, molécules de co-stimulation (voir aussi 2.5.3).
2.5 Les principes de la défense de l'organisme	
2.5.1 Les barrières et défenses naturelles	Barrières mécaniques, chimiques et microbiologique (notion de microbiote).
2.5.2 L'immunité innée des végétaux et des animaux	PAMP, DAMP et PRR. Réaction inflammatoire. Réponse hypersensible.
2.5.3 L'immunité adaptative des Vertébrés	Cellules présentatrices de l'antigène. Réponse à médiation cellulaire. Réponse à médiation humorale. Mémoire immunitaire.
2.5.4 Les dysfonctionnement du système immunitaire	Immunodéficiences. Auto-immunité.
2.5.5 « Immunité » chez les procaryotes Mécanismes de défense des procaryotes contre les éléments génétiques étrangers	Systèmes de restriction et modification, système CRISPR/Cas.

3 - Plans d'organisation du vivant et phylogénie.

Les candidats devront maîtriser les connaissances concernant :

- les méthodes actuelles de la systématique ;
- les grandes lignes de la classification phylogénétique des êtres vivants ;
- l'histoire évolutive de la lignée verte et des métazoaires en s'appuyant sur des données génétiques et écologiques actuelles, mais aussi sur les enregistrements fossiles (programme STU) ;
- les principaux plans d'organisation, leur diversité et leur mise en place au cours du développement et de l'évolution.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
3.1 Les méthodes actuelles de la systématique	
<ul style="list-style-type: none"> - Principes des méthodes cladistique et phénétique : apport des données morphologiques, embryologiques et moléculaires. - Construction des arbres phylogénétiques, difficultés rencontrées et sources d'erreurs. - Le principe de parcimonie. 	<p>Les méthodes de maximum de vraisemblance ne seront pas approfondies.</p>
3.2 La phylogénie du vivant	
<ul style="list-style-type: none"> - Les trois règnes du vivant : Eucaryotes, Bactéries, Archées. - La structuration de l'arbre des Eucaryotes : exemple de la discussion de la notion de groupe écologique polyphylétique (champignon et algue). - L'origine endosymbiotique de la cellule Eucaryote. 	<p>L'étude peut s'appuyer sur la comparaison de l'agent du mildiou, de l'agent de la rouille, coprin, fucus, ulve. Position phylogénétique de quelques unicellulaires hétérotrophes (paramécie, plasmodium, foraminifères).</p> <p>Exemple de l'origine des plastes de la lignée verte.</p>
3.3 Plans d'organisation des métazoaires	
<ul style="list-style-type: none"> - Principaux plans d'organisation des métazoaires (symétries et polarités). - Apport des gènes du développement à la compréhension de l'évolution. - Organisation du milieu intérieur. - Arbre phylogénétique incluant les principaux phylums de métazoaires. - Chronologie des grandes étapes de l'évolution 	<p>Les organismes suivants pourront être étudiés : éponge calcaire ou démosponge (un exemple), cnidaire (hydre), plathelminthe (planaire), bryzoaire, nématode (<i>Ascaris</i>), annélide (<i>Nereis</i>), crustacé (écrevisse), insecte (criquet), mollusques (moule, escargot), échinoderme, téléostéen, tétrapodes (grenouille, poulet, souris).</p> <p>Etablissement des symétries et des polarités, homologie moléculaire, origine du membre chridien, hétérochronies.</p> <p>Liquides extracellulaires des métazoaires, évolution du cœlome.</p> <p>Phylums des éponges calcaires, cnidaires, brachiopodes, bryozoaires, plathelminthes, mollusques, annélides, nématodes, arthropodes, échinodermes, chordés et leurs principales subdivisions.</p> <p>Liaison avec les données de la paléontologie</p>

des Métazoaires. - Validité du critère morphologique : notions d'homoplasie et d'homologie. - Convergence évolutive et adaptation aux conditions environnementales.	(faunes d'Ediacara et de Burgess, crises biologiques et extinctions évoquées dans le programme STU). Exemples possibles : les membres des vertébrés, les ailes, les organes de collecte de nourriture des métazoaires.
3.4 Les principaux groupes de la lignée verte (glaucophytes, rhodobiontes, chlorobiontes : algues vertes et embryophytes) et leurs adaptations aux conditions environnementales.	
- Principaux plans d'organisation et leur acquisition. - Classification des embryophytes. - Réponses adaptatives : poïkilohydrie, structures de soutien et de conduction. - Symbioses. - Cycles de développement comparés des embryophytes.	Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs tels que : <i>Chlamydomonas</i> , <i>Ulva</i> , <i>Chara</i> , <i>Trentepohlia</i> , polytric, polypode, pin, cycas ou ginkgo, une angiosperme. Gènes du développement chez <i>Arabidopsis thaliana</i> ; on se limitera à la structuration des apex et à l'ontogenèse florale (gènes homéotiques). Mycorhizes-nodosités. Homologies des générations.

4 - L'organisme dans son environnement

Les caractéristiques physico-chimiques des milieux aquatiques et aériens doivent être connues sur les plans qualitatif et quantitatif.

Le programme privilégie les approches intégratives et comparées de la physiologie.

L'approche intégrative (centrée sur l'organisme) permet d'étudier les adaptations aux conditions du milieu et leur dimension évolutive. L'approche comparée révèle chez des organismes apparentés des fonctionnements différents en liaison avec des modes ou des milieux de vie dissemblables. Les contraintes écologiques déterminant les convergences évolutives sont dégagées. L'argumentation peut se situer aux différentes échelles, de la molécule à l'écosystème.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
4.1 La nutrition des organismes	
4.1.1 Les formes de l'énergie. Besoins énergétiques et matériels des organismes.	Autotrophie. Photo-autotrophie dans la lignée verte. Chimio-autotrophie (nitrification, méthanogenèse). Hétérotrophie.
4.1.2 La nutrition des autotrophes - Assimilation du CO ₂ par les végétaux photosynthétiques.	Sont au programme : la capture de l'énergie lumineuse, l'assimilation du carbone, les échanges gazeux et leurs variations, le bilan carboné au niveau de la plante entière, les photosynthèses de type C3, C4 et CAM et leurs conséquences écologiques.

<ul style="list-style-type: none"> - Les formes de l'azote et leur assimilation par les organismes. - Mycorhizes et nutrition hydrominérale des végétaux. 	<p>On se limitera à l'assimilation des nitrates par les végétaux verts et à la fixation de l'azote par les procaryotes libres et les nodosités des légumineuses.</p> <p>Voir aussi 3.4.</p>
<p>4.1.3 La prise de nourriture et la digestion des hétérotrophes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prise de nourriture. - Appareil digestif et digestion chez les mammifères. - L'alimentation hématophage et osmotrophe. 	<p>Voir aussi 3.3.</p> <p>Choix judicieux d'exemples pour une étude comparative des différents régimes alimentaires. Voir aussi 7.2.2.</p> <p>On pourra s'appuyer sur quelques exemples (<i>Plasmodium falciparum</i>, moustique, sangsue, cestodes).</p>
<p>4.1.4 Les réserves</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nature, synthèse, utilisation. - Mise en réserve postprandiale et mobilisation des réserves lors du jeûne chez l'Homme. - Réserves ovocytaires et extra-ovocytaires des vertébrés. - Réserves chez les angiospermes. 	<p>Sont au programme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le glycogène musculaire et hépatique, réserves lipidiques - les aspects circulatoires et la régulation hormonale.
<p>4.2 La réalisation des échanges avec le milieu</p>	
<p>4.2.1 Les échanges gazeux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diffusion des gaz et loi de Fick. - Les surfaces d'échanges gazeux (gaz-liquide, liquide-liquide) et leurs caractéristiques générales. - Maintien des gradients de pression partielle au niveau de l'échangeur. - Transport des gaz et pigments respiratoires. 	<p>Importance de la surface d'échange, de sa finesse, et du gradient de pression partielle. Notion de conductance et de capacitance. Seuls seront traités le tégument, les branchies (téléostéens, crustacés, lamellibranches), les poumons (mammifères), le système trachéen des insectes et les stomates des plantes.</p> <p>On se limitera à la ventilation pulmonaire (vertébrés) et trachéenne (insectes), à la circulation d'eau au niveau branchial (lamellibranches, crustacés, téléostéens) et aux appareils circulatoires associés à ces échangeurs.</p> <p>On se limitera aux hémoglobines humaines.</p>
<p>4.2.2 Les échanges d'eau et de solutés</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'élimination des déchets azotés chez les métazoaires. - Propriétés des principaux déchets azotés, répartition zoologique et intérêt adaptatif. - Principe de fonctionnement des organes excréteurs. - Equilibre hydro-électrolytique et milieux de vie 	<p>Étude des protonéphridies, des tubes de Malpighi des insectes et des reins des vertébrés. Exemples des vertébrés marins, des téléostéens d'eau douce, des mammifères et insectes terrestres.</p> <p>Variations au cours du développement post-</p>

des animaux (milieu marin, eau douce, milieu aérien).	embryonnaire des amphibiens. Voir aussi 4.4.2.
4.2.3 Les végétaux en milieu terrestre et la gestion de l'eau.	Réhydratation hygroscopique, reviviscence. Absorption hydrominérale, contrôle du flux hydrique (stomates et régulation stomatique, adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques des xérophytes). Les sèves et leur circulation. Voir aussi 3.4.
4.3 Perception du milieu, intégration et réponses. Squelette et port	
4.3.1 La perception de l'environnement - Diversité des canaux sensoriels des animaux et relation avec les modes et milieux de vie. - Tropismes, tactismes et nasties.	On étudiera plus particulièrement la vision.
4.3.2 Intégration, réponse motrice et squelette des organismes mobiles - Les squelettes et la biomécanique associée. - Les différents types de systèmes nerveux. - La motricité somatique et son contrôle.	Test, squelette hydrostatique, exosquelette et endosquelette seront étudiés à l'aide d'un nombre réduit d'exemples représentatifs. Systèmes nerveux diffus, médullaires, ganglionnaires.
4.3.3 Architecture et port des embryophytes	Ramification, croissance en longueur et en épaisseur. Dominance apicale, ramification des ligneux, influence des facteurs du milieu.
4.4 Reproduction et cycles de développement	
4.4.1 Modalités de la reproduction - La reproduction sexuée (y compris pour l'espèce humaine) : • la sexualisation des individus. • le rapprochement des partenaires. • la diversité des modes d'appariement et de fécondation. • viviparité, oviparité, ovoviviparité. • la formation et le devenir du zygote des angiospermes (fruits et graines). • les semences sèches et leur physiologie. - La reproduction asexuée : principales modalités et conséquences sur les peuplements des milieux. - Les significations écologiques et évolutives des reproductions sexuée et asexuée. -	Diœcie, gynodioécie, gonochorisme, hermaphrodisme. Fécondation externe / fécondation interne. Pollinisation. Autocompatibilité et autoincompatibilité (les mécanismes moléculaires de l'autoincompatibilité seront limités au type <i>Brassica</i>). Déshydratation, vie ralentie, dormances. Voir aussi 3.4. Bourgeonnement, parthénogenèse, vie coloniale (cnidaires). Multiplication végétative naturelle (embryophytes et eumycètes).

<p>4.4.2 Cycles de développement</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'alternance des phases sexuées et asexuées chez les formes libres. - Les cycles des parasites. - Phénologie et synchronisation du cycle de reproduction des végétaux. - Larves et métamorphoses : dispersion, changement de plan d'organisation, diversité des niches écologiques. 	<p>Exemples possibles : <i>Plasmodium</i>, <i>Trypanosoma brucei</i>, <i>Schistosoma</i>, <i>Tænia</i>, <i>Ascaris</i>, rouille (<i>Puccinia</i>), mildiou.</p> <p>Germination des graines, dormance, maturité de floraison ; plantes annuelles, bisannuelles, pérennes.</p> <p>Etude d'exemples choisis chez les insectes (comparaison holométaboles / paurométaboles), et d'un anoure (le contrôle neuro-endocrine n'est pas au programme général).</p>
<p>4.5 Homéostasie</p>	
<p>4.5.1 Régulation de la glycémie à court terme.</p>	<p>On se limitera à l'Homme (voir aussi 7.3.2).</p>
<p>4.5.2 Thermorégulation : régulation des échanges de chaleur ; thermogenèse, thermolyse.</p>	

5 - Biodiversité, écologie, éthologie, évolution

L'approche mathématique élémentaire des modèles théoriques est au programme de connaissances générales, des connaissances de base en statistiques et la maîtrise de formalisations telles que la loi de Hardy-Weinberg ou les modèles de Lotka et Volterra sont nécessaires.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
<p>5.1 Histoire et concepts en évolution</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Conceptions pré-darwiniennes, révolution darwinienne, synthèse néo-darwinienne. - La théorie scientifique de l'évolution. - Notion de valeur sélective (fitness), de traits d'histoire de vie, d'adaptation. - Les unités de sélection. - Évolution expérimentale. 	<p>Sélection naturelle, sélection artificielle, sélection sexuelle, dérive, coévolution.</p> <p>Fécondité, âge à maturité, longévité, dispersion.</p>
<p>5.2 Génétique</p>	
<p>5.2.1 Génétique formelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspects génétiques de la méiose et de la fécondation. - Transmission d'un couple d'allèles. - Ségrégation de plusieurs couples d'allèles. - Lois de Mendel. 	
<p>5.2.2 Génétique des populations</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fréquences alléliques, fréquences génotypiques. - Régime de reproduction (panmixie, autogamie, consanguinité). - Pressions évolutives (sélection, mutation, recombinaison, migration, dérive). 	<p>Méthodes d'étude du polymorphisme (y compris marqueurs moléculaires).</p> <p>Exemples de la diversité des variétés des plantes cultivées, et des maladies génétiques humaines.</p>

- Polymorphisme neutre (voir aussi 5.1) et sélectionné, cryptopolymorphisme.	
5.2.3 Génétique quantitative - Héritabilité, hétérosis. - Origine des plantes cultivées.	Blé et maïs.
5.3 Biologie et écologie des populations – Écologie des communautés	
5.3.1 Biologie et écologie des populations - Effectif des populations. Croissance et dynamique des populations. - Répartition spatiale des populations : densité, dispersion. Concept de métapopulation. - Polymorphisme et traits d'histoire de vie.	Modèles exponentiel et logistique.
5.3.2 Écologie des communautés - Description des communautés (échantillonnage) et caractérisation des communautés (abondance, richesse, diversité). - Interactions entre espèces au sein des communautés : compétition interspécifique, prédation, parasitisme et mutualisme. - Dynamique des communautés : les successions écologiques.	Notion de peuplement. Quelques indices descriptifs (Shannon, Simpson). Notion d'étagement. Sont attendus les exemples classiques au sein des écosystèmes communs (forêts, prairies, ruisseaux, océans, etc.) voir aussi 5-6-2. Formalisme de Lotka et Volterra (modèles compétition et proie-prédateur). Évolution des étagements, peuplements pionniers.
5.4 Biologie du comportement animal	
- Recherche et utilisation des ressources (biotiques et abiotiques). - Interactions entre les individus (compétition, coopération). - Communication (nature, production et réception des signaux, fonctions, adaptations aux contraintes environnementales et sociales). - Comportement reproducteur (y compris soins aux jeunes). - Systèmes sociaux des insectes et des vertébrés.	Les comportements sont étudiés sous les angles de l'ontogenèse, de leurs fonctions biologiques et de leur valeur adaptative (cf. N. Tinbergen). L'approche comparative sera privilégiée. La notion de coûts / bénéfices est au programme.
5.5 Biodiversité et biogéographie	
5.5.1 Définition, composantes et mesures de la biodiversité - Polymorphisme. - Définitions de l'espèce. - Écosystèmes (voir aussi 5-6-2).	Voir 5.2.2 et 5.3.1 Concepts d'espèces biologiques, typologiques, phylogénétiques et écologiques.
5.5.2 La spéciation et ses mécanismes - Spéciation allopatrique. - Spéciation sympatrique. - Cospéciation.	Exemple d'espèce en anneau. Mécanisme de la spéciation sympatrique hors programme.

5.5.3 Distribution spatiale des espèces. - Notion de vicariance / d'endémisme. - Modèle de la biogéographie insulaire. - Grandes aires biogéographiques.	Notion de barrière biogéographique.
5.5.4 Action de l'homme sur la biodiversité.	
5.6 Écologie fonctionnelle – écosystèmes	
5.6.1 Notion d'écosystème et description fonctionnelle - Biomasse, production et productivité. - Stocks et flux de matière et d'énergie.	Approche quantitative, méthodes et unités de mesure.
5.6.2 Exemples d'écosystèmes - Ecosystèmes océaniques et terrestres. - Comparaison d'un écosystème naturel et d'un agrosystème. - Transferts de matière et d'énergie entre écosystèmes. - Grands biomes.	Cette partie s'appuie sur des exemples représentatifs tels que : forêts, prairies, rivières, étangs, zones océaniques, zone de balancement des marées, montagnes et tourbières.
5.6.3 Cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote	

6 - L'utilisation du vivant et les biotechnologies

Il convient de prendre en compte les problèmes posés par ces méthodes et leurs conséquences (économiques, écologiques, éthiques...).

Notions-Contenus	Précisions-Limites
6.1 Les produits biologiques, matières premières de l'industrie	Transformation et conservation du blé, du raisin, du lait et du bois.
6.2 Bases scientifiques des biotechnologies	
6.2.1 Le génie génétique et ses applications	Clonage des gènes, hybridations moléculaires, amplification de l'ADN (PCR), édition des génomes par CRISPR/Cas.
6.2.2 La génomique	Marqueurs génétiques moléculaires, empreintes génétiques. Principe du séquençage des génomes.
6.2.3 Les cultures <i>in vitro</i> et leurs applications - Cultures de cellules animales et végétales. - Cultures bactériennes.	
6.3 Utilisation des micro-organismes dans l'industrie	
6.3.1 Utilisation des micro-organismes dans la production de biomasse	Bactéries, levures.
6.3.2 Application des métabolismes microbiens. Rôle des micro-organismes dans les transformations industrielles.	Fermentations industrielles, alimentaires.

6.3.3 Les substances d'intérêt issues des micro-organismes - Utilisation des enzymes microbiennes. - Production de métabolites naturels. - Production de protéines recombinantes.	Exemple de la Taq polymérase. Antibiotiques, vitamines. Exemple des biomédicaments.
6.4 Biotechnologie des plantes et des animaux	
6.4.1 Méthodes de clonage ; conservation de la structure génétique	Micropropagation : méristèmes, bourgeons. Exemples : pomme de terre, orchidées.
6.4.2 Induction d'une variabilité génétique par mutagenèse artificielle	
6.4.3 Les biotechnologies de l'embryon	Insémination artificielle chez les animaux. Pollinisation artificielle chez les végétaux. Androgenèse.
6.4.4 Les transformations génétiques - Principe et technique. - Éléments sur les applications agronomiques, industrielles, médicales ; éléments sur les risques de propagation des transgènes dans l'environnement et pour la santé humaine.	On se limitera à l'exemple d' <i>Agrobacterium tumefaciens</i> et de son utilisation chez les plantes.
6.4.5 Sélection assistée par marqueurs moléculaires	Notion de Quantitative Trait Loci (QTL).

7 - Éléments de biologie et de physiologie dans l'espèce humaine.

Le contenu des programmes de l'enseignement secondaire justifie cette rubrique. Commune aux deux secteurs A et B, elle devra être abordée à tous les niveaux d'intégration, de la molécule (sauf indication de limite) aux populations. On s'appuiera également sur l'utilisation raisonnée des approches pathologiques.

Notions-Contenus	Précisions-Limites
7.1 Le corps humain	
- Anatomie élémentaire topographique, macroscopique, systémique. - Compartiments liquidiens.	Organes, systèmes et appareils. Principes des méthodes d'étude non invasive du corps humain. Volumes et compositions (voir aussi 3.3).
7.2 Échanges de matière et d'énergie dans l'organisme et entre l'organisme et son environnement	
7.2.1 Les besoins de l'organisme et leur couverture. - La dépense énergétique et ses variations. Calorimétrie. Métabolisme basal et variations. - La couverture des besoins par l'alimentation : • Chez l'adulte. • Lors de la croissance.	Principes (voir aussi 1.3). Mesures et valeurs. Thermorégulation : voir aussi 7.5 Aspects quantitatifs et qualitatifs. Nutriments indispensables. Vitamines. Oligo-éléments Balance azotée. La croissance osseuse, rôle des hormones (le mode d'action cellulaire n'est pas attendu)

<p>7.2.2 Digestion, absorption, transport et devenir des nutriments</p> <ul style="list-style-type: none"> - Digestion et absorption. <ul style="list-style-type: none"> • Les phases : localisation, chronologie des phénomènes, sécrétions exocrines et endocrines. • Absorption et transport des nutriments. - Implication du microbiote. - Devenir des nutriments. Réserves. - Ajustements des voies métaboliques entre les repas. 	<p>Pancréas et cellules pancréatiques ; foie et cellules hépatiques.</p> <p>Phase post-prandiale. Phases du jeûne. État hormonal et voies métaboliques (le détail n'est pas au programme)</p>
<p>7.2.3 La circulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le cœur : activités mécanique et électrique, contrôle. - Les vaisseaux. <ul style="list-style-type: none"> • Organisation fonctionnelle des différents segments. • Circulations locales. - La pression artérielle : définition, variations et régulation à court terme par le baroréflexe. - Ajustements aux besoins de l'organisme et aux variations du milieu. 	<p>Vasomotricité, répartition du débit cardiaque. Voir aussi 7.5.2</p> <p>Les aspects moléculaires et expérimentaux approfondis ne sont pas au programme général. Voir aussi 7.5.2</p>
<p>7.2.4 La respiration</p> <ul style="list-style-type: none"> - La ventilation. - Transport des gaz respiratoires par le sang. - Échanges gazeux alvéolo-capillaires et tissulaires. - Ajustements de la ventilation au cours de l'exercice physique. 	
<p>7.2.5 L'excrétion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement du néphron. - Participation du rein au maintien de l'équilibre hydro-sodé. 	<p>Quelques méthodes d'exploration fonctionnelle : clairance, microponctions...</p>
<p>7.3 Neurobiologie et endocrinologie</p>	
<p>7.3.1 Neurobiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le tissu nerveux. Le message nerveux. - Organisation structurale et fonctionnelle du système nerveux (compléments de 7.1). - Fonctions sensorielles. Principes généraux : stimulation, réception, transduction, codage, conduction. - Contrôle de la posture. 	<p>Systèmes nerveux central et périphérique : mise en place chez l'embryon, organisation et fonctionnement chez l'adulte (on se limitera au réflexe myotatique).</p>
<p>7.3.2 Endocrinologie</p> <p>Exemples de la reproduction et de la régulation à court terme de la glycémie.</p>	
<p>7.3.3 Relations entre système nerveux et système endocrine : complexe hypothalamo-hypophysaire</p>	

7.4 Activité sexuelle et procréation	
7.4.1 Différenciation sexuelle, puberté, maturité, ménopause	Spermatogenèse, transport des spermatozoïdes. Ovogenèse, cycle ovarien, cycle menstruel.
7.4.2 Fonctions exocrine et endocrine des testicules et des ovaires	Contraception, contragestion.
7.4.3 Grossesse, accouchement, lactation	Interventions hormonales. Échanges fœto-maternels majeurs. Suivi de la grossesse. Diagnostic prénatal.
7.5 Homéostasie, régulations et réponses intégrées de l'organisme	
7.5.1 Exemples de grandes régulations et de leur perturbation - Concept général de régulation. - Régulation à court terme de la glycémie (insuline/glucagon). - Thermorégulation.	On pourra aussi s'appuyer sur les exemples rencontrés dans le reste du programme.
7.5.2 Exemples de réponses adaptatives de l'organisme - Ajustements et adaptations respiratoires et cardio-vasculaires à l'exercice physique ; effets de l'entraînement. - Adaptation du répertoire immunitaire au cours de la vie.	
7.6 Santé et société	
- Nutrition et balance énergétique : obésité, diabètes. - Détournements addictifs : Alcoolisme, drogues.	Voir aussi 7.2.2 Foie et détoxification. Lésions.
7.7 L'homme face aux maladies	
- Maladies infectieuses (origine bactérienne et virale. Maladies parasitaires). - Maladies génétiques ou résultant d'interactions entre gènes et environnement, maladies métaboliques. - Maladies dégénératives. - Cancers. - Éléments relatifs à la prophylaxie et à la thérapeutique (prévention, vaccination, dépistage, antibiothérapie, chimiothérapie, immunothérapie, ...).	Exemples : grippe, tuberculose, maladies sexuellement transmissibles (MST dont SIDA), paludisme, maladie de Lyme Exemples : thalassémies, cancers, diabète, obésité, liens avec l'hypertension artérielle Exemple : maladie de Parkinson, dystrophie musculaire de Duchenne

Programme de Sciences de la Terre et de l'Univers

Le programme de connaissances générales est fondé sur une bonne connaissance des principaux objets et des processus géologiques à l'échelle mondiale et du territoire national (métropole et outremer). Ainsi, les candidats doivent connaître les grands traits de l'évolution de la planète Terre (continents et océans) en s'appuyant sur des documents incontournables tels que la carte géologique du monde, les cartes des fonds océaniques, la carte géologique de l'Europe et la carte géologique de la France à 1/1.000.000 (**6^{ème} édition 1996 et 6^{ème} édition révisée en 2003**).

Les connaissances méthodologiques s'appuient sur une maîtrise des grands principes de la physique et de la chimie indispensables en sciences de la Terre, notamment dans les domaines de la mécanique des solides et des fluides, des champs de potentiel (magnétisme et gravité), de l'optique, de la thermodynamique et de la chimie minérale et en solutions. Enfin, il est souhaitable, dans quelques cas, de faire appel à l'évolution des idées dans le domaine des sciences de la Terre.

Les candidats doivent, par ailleurs, maîtriser les bases méthodologiques et techniques des principales disciplines des sciences de la Terre : géophysique, minéralogie et pétrologie, géochimie, tectonique, sédimentologie, paléontologie. Les méthodes ou techniques qui **servent ces disciplines** et qui s'appliquent aux enveloppes internes et externes, doivent être connues dans leurs principes élémentaires. On retiendra en particulier :

- l'identification macroscopique et microscopique des principaux minéraux, roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires, minerais indispensables à la compréhension des grands phénomènes géologiques inscrits au programme ;
- l'identification macroscopique et/ou microscopique des principaux fossiles et ichnofossiles, leur intérêt stratigraphique, paléo-environnemental, ou pour la reconstitution de l'histoire de la biosphère ;
- la lecture des cartes géologiques et la réalisation de coupes, de schémas structuraux et de bloc-diagrammes simples (passage 2D-3D) ;
- l'analyse de documents satellitaires usuels : images dans le visible et l'infra-rouge, radar ;
- la lecture et l'interprétation de documents géographiques et géophysiques usuels (cartes topographiques et bathymétriques, cartes de réflectivité des fonds marins, profils sismiques et sismogrammes, cartes d'anomalies magnétiques et gravimétriques, cartes d'altimétrie satellitaire, documents de tomographie sismique, cartographie des mécanismes au foyer,...) ;
- l'interprétation des analyses géochimiques (majeurs, traces, isotopes stables et radiogéniques), en liaison avec les types d'objets étudiés (roche/minéral magmatique ou métamorphique, biominéralisations, fluides interstitiels, météorites, ..) ;
- la lecture de diagrammes de phase associée à une compréhension des trajets suivis par une roche lors de la cristallisation, fusion ou de transformations à l'état solide ;
- les bases théoriques essentielles de la géochronologie relative et absolue (dans les limites énoncées plus loin) et le découpage des temps géologiques qui en est déduit ;
- Les bases de l'utilisation de la modélisation (modèles numériques et analogiques) dans la compréhension des processus géologiques.

Le programme de connaissances générales comporte quatre grandes rubriques qui seront approfondies pour le programme de spécialité :

- 1- La Terre actuelle ;
- 2- Le temps en sciences de la Terre ;
- 3- L'évolution de la planète Terre ;
- 4- Gestion des ressources et de l'environnement.

1- La Terre actuelle

Notions-Contenus	Précisions-Limites
1.1 La planète Terre dans le système solaire	
<ul style="list-style-type: none"> - Structure et fonctionnement du Soleil et des planètes. - Spécificité de la planète Terre et zone d'habitabilité du système solaire. - Météorites et comètes : la différenciation chimique des planètes telluriques. 	<p>L'étude se limitera à la composition des planètes et des atmosphères planétaires, ainsi qu'à leur activité interne. Les méthodes permettant de reconstituer la structure interne de la Terre et sa dynamique seront présentées. La connaissance du mouvement des planètes se limitera aux lois de Kepler.</p>
1.2 Forme et structure actuelles de la Terre	
<ul style="list-style-type: none"> - La mesure du relief de la Terre, les relations entre topographie et gravimétrie. Les grands ensembles morphologiques. - Les apports de la gravimétrie : la masse de la Terre et des planètes telluriques, l'ellipsoïde et le géoïde, les anomalies gravimétriques - Les apports de la sismologie : les principales enveloppes internes (croûte, manteau, noyau...), les anomalies de temps d'arrivée et la tomographie sismique. - La notion de lithosphère, lithosphère thermique et lithosphère mécanique. - Les enveloppes externes : hydrosphère, atmosphère. 	<p>On mettra en évidence les différentes longueurs d'onde des ondulations du relief et du géoïde et on fera la relation avec la géodynamique interne. On veillera à ce que la notion d'anomalie (gravimétrique, magnétique, de vitesse sismique) soit bien comprise comme la différence entre la mesure réelle et un modèle <i>a priori</i> qui correspond à la structure au premier ordre (PREM pour les anomalies de vitesse sismique, l'ellipsoïde pour le champ de pesanteur, ...).</p> <p>La lithosphère sera présentée comme une couche limite thermique dans le processus de convection mantellique.</p>
1.3 Géodynamique externe	
<ul style="list-style-type: none"> - Bilan radiatif et énergétique du système Terre. Effet de serre. - Distribution de l'énergie solaire dans l'atmosphère et à la surface de la Terre. - Circulations atmosphérique et océanique. Couplage océan-atmosphère (ENSO, moussons). Couplage avec la cryosphère. - Géomorphologie continentale et océanique. Mécanismes d'érosion, d'altération et de transport. Sédimentation actuelle. - Rôles de la vie dans la genèse des sédiments actuels et anciens et impact sur le fonctionnement biogéochimique globale de la Terre. - Formation et remplissage des bassins sédimentaires en liaison avec le contexte géodynamique et caractérisation des environnements de dépôt. - Transfert de matière des continents aux océans. - Diagenèse et compaction des sédiments. 	<p>Seuls les mécanismes des saisons et la théorie astronomique des climats seront abordés (le paradoxe du Soleil jeune n'est pas au programme). Les développements théoriques sur l'effet de Coriolis ne sont pas au programme.</p> <p>On se limitera à l'étude de l'influence de la lithologie et du climat.</p>

1.4 Géodynamique interne du globe	
<p>- Le champ magnétique terrestre et la dynamique du noyau.</p>	<p>On précisera les principaux paramètres qui définissent le champ magnétique (dipôle, inclinaison, déclinaison) et les différentes longueurs d'onde de variations du champ au cours du temps, les inversions.</p>
<p>- Le manteau de la Terre : composition, stratification, hétérogénéité, chaleur, dynamique (convection et tectonique des plaques, convection et panaches), les causes de la fusion du manteau (rifts, dorsales, points chauds, zones de subduction), l'apport de la pétrologie expérimentale à haute pression.</p>	<p>Les principaux paramètres que contient le nombre de Rayleigh seront explicités.</p>
<p>- Mobilité horizontale de la lithosphère, la tectonique des plaques, cinématique relative : la dérive des continents (observations et hypothèses), le flux de chaleur aux dorsales et l'hypothèse de l'expansion des fonds océaniques, la répartition des séismes, le paléomagnétisme et les anomalies magnétiques symétriques et la mesure de la vitesse d'expansion, la géométrie des failles transformantes et la rigidité des plaques, la cinématique des points triples, les modèles cinématiques globaux. La géodésie terrestre et satellitaire. La cinématique instantanée et finie, les reconstructions. La cinématique absolue et les différents repères.</p>	<p>Les principes de base de la géodésie spatiale sont au programme mais pas les méthodes de calcul.</p>
<p>- Les séismes et les failles actives : répartition, magnitude, mécanismes au foyer, vecteurs glissement, temps de récurrence et modèle du rebond élastique, failles actives et géomorphologie, méthodes de datation.</p>	<p>Quelques exemples de séismes majeurs doivent être connus</p>
<p>- Divergence de plaques : du rift continental à la dorsale. Structure et évolution des rifts continentaux et des marges passives. Les différents types de marges passives. La transition continent-océan. Genèse de la croûte océanique aux dorsales : aspects magmatiques, tectoniques, hydrothermaux. Le modèle ophiolitique. Les différents types de segmentation des dorsales. L'évolution thermomécanique de la lithosphère océanique.</p>	<p>Pour l'ensemble des contextes géodynamiques (divergence, limites en décrochement et convergence) : On veillera à bien connaître un nombre limité d'exemples régionaux pour pouvoir argumenter les principaux points du programme sur des cas réels. Les exemples les plus emblématiques (les principales dorsales, Alpes, Himalaya-Tibet, Faille de San Andreas, Méditerranée, Andes...) doivent être connus. Les méthodes d'étude de la déformation des roches à toutes les échelles, des contraintes pression-température et les méthodes radiochronologiques sont supposées connues. Les principaux paramètres qui contrôlent la rhéologie des matériaux lithosphériques et les méthodes de mesure et de modélisation sont</p>
<p>- Limites de plaques en décrochement et grands décrochements intracontinentaux : exemples continentaux et océaniques. Géométrie, sismicité, thermicité, relief, rôle dans la cinématique.</p>	

<p>- Convergence de plaques, subduction, obduction, collision et phénomènes associés. Morphologie des panneaux plongeants et leur dynamique. Evolution pétrologique de la lithosphère subduite. Métamorphisme et transfert de fluides. Genèse des magmas en zone de convergence, arcs, arrière arc et collision. Le recyclage mantellique. Subduction et tectonique, bassins arrière arc, cordillères... Mise en évidence et dynamique de l'obduction, les ophiolites et la marge passive chevauchée. Sutures ophiolitiques. Géométrie et cinématique des chaînes de collision. Processus d'épaississement crustal. Rôle du manteau.</p> <p>- Métamorphisme et exhumation. Les grands décrochements associés à la collision.</p> <p>- Processus tardi- ou post-orogéniques : équilibre entre forces de volume et forces aux limites, les principales structures mises en jeu</p> <p>- Désépaississement lithosphérique dans les chaînes de collision, part de la tectonique, de l'érosion et de la géodynamique. Érosion et genèse des sédiments terrigènes et chimiques.</p>	<p>également supposés connus. La notion de contrainte est supposée connue et l'analyse quantitative se limitera à l'utilisation du cercle de Mohr. Les principes de base de la thermobarométrie doivent être connus. La notion de faciès métamorphique et l'évolution des paragenèses pour les chimies de roches principales font également partie du programme. Les chemins pression-température-temps-déformation seront utilisés pour contraindre l'évolution des édifices géologiques.</p> <p>Les grands mécanismes d'exhumation des roches métamorphiques seront présentés dans leurs contextes géodynamiques. L'importance de la rhéologie et de la densité des roches sera soulignée.</p> <p>Quelques exemples caractéristiques doivent être connus</p>
-	

2 - Le temps en sciences de la Terre : âges, durées et vitesses des processus géologiques

2.1 Chronologie relative, continuité / discontinuité	
<p>- Bases stratigraphiques et sédimentologiques de la chronologie relative.</p> <p>- Principes de la biostratigraphie. Notion de taxon index et de biozone.</p> <p>- Principe d'inclusion et de recoupement à toutes les échelles.</p> <p>- Approches physiques et chimiques de la stratigraphie : sismostratigraphie et bases de la stratigraphie séquentielle, cyclostratigraphie, chimiostratigraphie, magnétostratigraphie.</p>	<p>On se limitera à quelques méthodes de biozonation ; macro-, micro-, nannofossiles.</p> <p>Le traitement des données sismiques n'est pas au programme. On ne traitera pas les aspects mathématiques de l'analyse spectrale des cyclicités sédimentaires.</p> <p>On présentera le principe de l'enregistrement des inversions magnétiques au sein des roches.</p>

2.2 Géochronologie absolue	
<ul style="list-style-type: none"> - Radiochronologie. Signification des âges obtenus, notion de température de fermeture. 	<p>On présentera le principe de la datation à l'aide du couple Rb/Sr et de l'isotope cosmogénique ^{14}C. On étudiera notamment la construction et l'exploitation d'une isochrone Rb/Sr en justifiant l'usage des rapports isotopiques. On se limitera à la simple utilisation des couples U/Pb sur zircon. La diversité des autres couples utilisés et les raisons de leur choix sont l'objet du programme de spécialité.</p> <p>L'utilisation des datations Rb/Sr pour les roches métamorphiques ne sera pas abordée.</p> <p>La distinction entre âge de cristallisation et de formation de la roche et âge de refroidissement sera expliquée.</p> <p>Les limites de l'utilisation des méthodes seront présentées.</p>
2.3 Synthèse	
<ul style="list-style-type: none"> - Mise en corrélation des différents marqueurs chronologiques. - L'échelle des temps géologiques et la signification des différents types de coupures. - Durée et vitesse des phénomènes géologiques : rythmes, cycles et événements. 	<p>La succession et la durée des ères et des systèmes doivent être acquises, mais la connaissance exhaustive des étages n'est pas requise.</p>

2 - L'évolution de la planète Terre

3.1 L'évolution précoce de la planète Terre	
<ul style="list-style-type: none"> - L'univers et les grandes étapes de la formation du système solaire - Différenciation chimique : formation du noyau et du manteau primitif. Dégazage du manteau, formation de l'atmosphère et de l'hydrosphère primitives et secondaires. Chronologie et ordre de grandeur des durées pour ces différentes étapes. - Genèse de la croûte continentale. - Particularités de la géodynamique archéenne : flux de chaleur, fusion et composition des magmas (TTG, komatiites). - 	<p>On se limitera à mentionner l'existence de la nucléosynthèse et les étapes conduisant à la formation de la planète Terre et de la Lune. On présentera les données géochimiques fournissant des contraintes temporelles sur la durée de ces étapes.</p> <p>On s'attachera à montrer l'importance des arguments géochimiques et à replacer la genèse de la croûte continentale dans le cadre de l'histoire générale du globe terrestre.</p>

3.2 Enregistrements des paléoclimats	
Enregistrements des paléoclimats récents et anciens	On se limitera à montrer comment il est possible d'obtenir des informations sur les paléoclimats à partir d'études géomorphologiques, sédimentologiques, minéralogiques, paléontologiques et géochimiques (on se limitera aux isotopes ^{18}O et ^{13}C). On insistera sur la différence entre un marqueur et une donnée.
3.3 Les fossiles : témoins de l'évolution biologique et physico-chimique de la Terre	
<ul style="list-style-type: none"> - Premiers vestiges de l'activité biologique et hypothèses sur l'origine de la vie. - Processus de fossilisation. - Roches sédimentaires précambriennes (exemples : stromatolithes, cherts, gisements de fer rubané), enregistreurs et acteurs de l'évolution initiale de l'atmosphère et de l'hydrosphère. - Apparition et diversification des eucaryotes. Explosion cambrienne. Grandes étapes de la conquête du milieu terrestre et du milieu aérien. Radiations adaptatives et extinctions : corrélations avec les changements de l'environnement. Notion de crise biologique. - Reconstitutions de quelques paléo environnements à partir d'assemblages fossiles et d'ichnofossiles. - Origine et évolution des Hominidés. 	On s'attachera à partir d'un nombre limité d'exemples concernant les grandes étapes d'évolution de la biosphère. On attend des connaissances sur les 5 crises majeures de la biodiversité au cours du Phanérozoïque.
3.4 Interactions géodynamique interne et climat	
<ul style="list-style-type: none"> - Interactions entre processus géodynamiques internes et externes : érosion, altération, climat et orogénèse, genèse des sédiments terrigènes (issu de la partie 1.4) et chimiques. - Accrétion et dispersion des masses continentales. - Conséquences : modification de la circulation des enveloppes fluides ; conséquences climatiques et biologiques. - En zone intraplaque : points chauds et impact sur le climat. 	On s'attachera, à partir d'un nombre limité d'exemples, à montrer les interactions entre les processus géodynamiques.
3.5 Les cycles actuels de l'eau et du carbone	
Notion de réservoir, de flux, de temps de résidence et principes d'établissement d'un cycle (identification et quantification des processus impliqués).	Les perturbations anthropiques sont attendues.

4 - Gestion des ressources et de l'environnement

<ul style="list-style-type: none"> - Ressources minérales : les processus de concentration à l'origine de gisements d'intérêt économique. - Ressources énergétiques : matières organiques fossiles, géothermie, minerais radioactifs. - Eaux continentales de surface et souterraines. - Exploitation et protection des ressources en eau ; exemples de pollution. - Grands ouvrages et matériaux d'usage courant. - Prévision et prévention des risques naturels : - Les exemples des risques sismiques et volcaniques. 	<p>Les méthodes de prospection et d'exploitation ne sont pas au programme.</p> <p>L'importance de la géodynamique interne et externe dans la genèse des ressources minières et énergétiques sera développée.</p> <p>On se limitera au cas des barrages.</p> <p>On distinguera les notions d'aléa et de risque (sismique ou volcanique) ; la prévention et la gestion des risques seront présentées.</p>
---	---